Title	変圧器絶縁劣化及び故障の検出法
Sub Title	Detection of insulation deteriorations and locations of transformer
Author	森, 元吉(Mori, Motokichi)
Publisher	慶應義塾大学工学部
Publication year	1948
Jtitle	慶應義塾大学工学部研究報告 (Proceedings of Faculty of Engineering, Keiogijuku University). Vol.1, No.1 (1948. 4) ,p.19(19)- 27(27)
JaLC DOI	
Abstract	The insulations of transformer and generater will be deteriorated or injured and even if the deterioration proceeds to the layer short or grounding, it will be difficult to point out the insulation faults, unless the facts are recongnized from outer circumference, that the current flowing, local heating smelling, and carbonizing. Before the insulation faults extends to be recognized from the outer circumference, there is a period which the local conductivity of insulation is growing or something like pin holes are in causing. If the deterioration of insulation in earlier state is detected, exactly from the outer circumference, we will be able to study rapidly how to cope with the situation. Thus we can not only protect against the fault, but also the continuation of runing will be kept reliably. By this method, the defects of insulation may be detected by using the impulse voltage according to the impulse level of the transformer insulation.
Notes	目次のタイトル : 変圧機器絶縁劣化及び故障の検出法 CONTENTSのタイトル : Detection of insuiation deteriorations and faults of transformer
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001004-00010001- 0019

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって 保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

變壓器絕緣劣化及び故障の檢出法

F. R. W.	Volume Potency Total %	cc u/cc u	155 78000 1210 × 104 62-0	52000 205 × 10 <sup>4</sup> 64.0	21.0 86900 182×104 67.5	59.0 65000 384.×104 60.6
Powder	Weight Potency Total %	mg u/mg u.	24700 421 1040×104 57.1	3750 501 188×104 58.0	4950 415 164 × 10 <sup>4</sup> 60-8	6240 567 354 × 104 55.8

の pH の特徴ある 變化はペニシ リン牧獲時期をある程度示唆する ことになる。

(4) 抽出工程に於けるペニシ リン收率に對する培地組成の影響 をみるに,ペプトン培地に於て は,合成培地に比較し活性炭吸着 率が比較的低い。

(5) 抽出工程に於けるペニシ リン收率に及ぼすフェニル醋酸添 加の影響をみるに極めて著しい。 抽出工程の各段階に 於てフェニル Table 9. Penicillin yield when precipitate of acetone-concentrate at pH 2.5 filtrated.

		I	II
Acetone	Volume cc	100	100
conc.	Potency u/cc	2730	6010
	Total u.	273000	6010000
After filtra-	Volume cc	98	99
tion at pH	Potency u/cc	2650	5530
2.5, 0°C	Total u.	25970	547000
	%	95.3	91.0
Loss	%	4.7	9.0

醋酸を添加した場合と添加せざる場合とを比較するに前者に於て著るしい増收が認められる。特に最後の操作すなわち凍結乾燥時に於て,後者に於ては從來 10~20% の損失が認められるが,前者に於ては約 5% 以下にとどめ得る。 培地單位を基礎とする總收率に於ては 15~30% 程度の増收が前者に於て認められる。

## 變壓器絕緣劣化及び故障の檢出法

昭和 23 年 (1948), 2 月 25 日受理

森



Motokichi Mori\*: Detection of Insulation Deteriorations and Locations of Transformer. The insulations of transformer and generater will be deteriorated or injured and even if the deterioration proceeds to the layer short or grounding, it will be difficult to point out the insulation faults, unless the facts are recongnized from outer circumference, that the current flowing, local heating smelling, and carbonizing. Before the insulation faults extends to be recognized from the outer circumference, there is a period which the local conductivity of insulation is growing or something like pin holes are in causing. If the deterioration of insulation

<sup>\*</sup> 慶應義塾大學教授, 工博; Dr. Eng. Prof. of Keiogijuku University.

#### 慶應義塾大學工學部研究報告 第1卷 第1號

in earlier state is detected exactly from the outer circumference, we will be able to study rapidly how to cope with the situation. Thus we can not only protect against the fault, but also the continuation of runing will be kept reliably. By this method, the defects of insulation may be detected by using the impulse voltage according to the impulse level of the transformer insulation.

目 次

- I. 機器絕緣故障早期檢出法への要望
- II. 研究經過
- III. 本檢出法の原理及び規準波
- IV. 柱上變壓器に依る絕緣損傷檢出
- V. 檢出電壓值

#### I. 機器絶縁故障の早期檢出法への要望

變壓器及び發電機卷線の絕緣が劣化し或いは損傷して、これが進展して遂に層間短絡或いは接地短絡に至つても、電流が流れ局部發熱し發嗅し或いは炭化して外部から認められるに至らなければ、絕緣の故障はそれを指摘することは一般に至難とされている。然しながら絕緣の故障を斯の如く外部から識別し得るに至るまでには、初期劣化狀態或いは初期損傷狀態として、局部導電性が增大するとか微少な損傷としてビンホール狀に絕緣皮膜が損傷している期間がある筈である。斯く過渡狀態の絕緣劣化或いは損傷を若し適切に檢出し得るとせばその對策は講じ得られ、故障を未然に防止し、機器の運轉保守を一層確實なものとし所謂電力の不斷性を確立することが出來る。

亦この檢出法を待望する一面として變壓器の衝撃電壓試驗を實行するに關したことがあ る。變壓器の衝撃電壓試驗が要望される原因の一つは, 雷害に依る同器の破壞の頻度が多 いことから一定の衝撃電壓試驗を課して襲雷時或程度の絕緣强度の保證を得ようとする にある。然し衝撃電壓試驗を受けた變壓器が其の試驗後外觀上何等異變が認め得られぬと しても何等か絕緣物に測定し得られぬ損傷があたえられ. 亦この損傷を適切に見出す檢出 法が無いとすれば, この試驗を施行して良いか否かを迷はざるを得ないこととなる。一方 絕緣故障の檢出に關する研究は甚だ少く稀にあつても斷片的であり, 實際に應用された例 は殆んど聽かない。事變中米國に於て研究され稍、系統的なものに, 後述の如き變壓器の 勵磁狀態に於て衝擊電壓を印加する方法がある。これは衝擊波印加に依る層間短絡を勵磁 電流の變化から判定する方法である。本邦に於て三菱電機木村氏は絕緣劣化時に發生する コロナに依る超音波を捕足し, 故障の有無, 發生個所を識別する方法, 日立製作所三浦氏 の衝擊電壓に依る磁氣的不平均を利用する短絡發見法がある。

次に是等の試験は主として現場に於て行われることが多いから装置及び方法は取扱簡便 にし實用的なものであることが必要であり,亦一方研究室に於ては實物試驗が頗る困難で あり,多く模型或いは等價回路を使つた實驗となり易く從つて實際と對照して時にかなり の相違を認めなければならなくなることがある。

#### II. 研究經過

研究着手第一歩として前述の如く勵磁状態の變壓器に衝撃電壓を印加し、層間短路を勵

20

磁電流の異變より認定する方法に就いて實驗し吟味することから始めた。供試品として柱 上變壓器を使用した。これは新品であるが、その高壓側卷線は豫め過大な衝撃電壓をかけ て損傷せしめておいた。この損傷の程度に就いては、陰極線オツシログラム記錄から供試

變壓器の電壓波形は第 1 圖 (A) の如き健全波 形から、數十回過電壓印加後、著しく波尾長の 縮小した(B) 圖に示された變歪を受けるまで層 間短絡を引き起させたものであつた。なお試験 了終後現品の解體に依つて層間絕緣用プレスパ ンを検査してピンホール狀貫通孔が澤山存在し ていることが認定された。該品に付試みに、商 用試驗 及び 誘導電壓絕緣試驗を 施して見たが, この試驗では 異常なく従つて合格と認定

され得るもので あつた。 該品を第 2 圖の結線で, 勵磁中,衝撃電壓を印加するこの検出

法を適用して見た。變壓器は定格電壓 で勵磁し衝撃波電壓は標準波を使用し た。第2圖は整流管2個使用して衝 **撃電壓印加時に放電抵抗が變壓器の負** 荷となることを阻止した。亦變壓器高 歴側卷線に誘起する電壓は交番するか ら圖の如く供試品の正極性最高値時に 正極性衝撃破を印加するため三點間隙 の始動裝置を使用した。斯くして衝撃 波高値を次第に増大して勵磁電流を電

[A] 印加 衝撃電壓の波高値の小さい 場合は或は絕緣損傷程度が輕微の場合, **續流**が現れず,從つてこの檢出法では故 障を摘出し得ないが、然し陰極線オツシ ログラフで 電壓波形の 變歪 が 認められ る,記錄の一例は第3圖で商用波形に衝 整電脈印加時に對應して單に針狀の急騰 波を記録したのみで勵磁電流の異變は認 められね。



Fig. 2. Impulse voltage impressing to the transformer under excitation.

磁オツシログラフで記録した。實驗した結果は次の三階梯に分類することが出來た。



[B] 印加波高値を高めると層間短絡に依る續流が記錄され半周期或は數周期續いて消 滅する。 第 4 圖は半周期繼續の場合でこの檢出法でこの範圍ならば明に故障が摘出され る。然し同一波高値の電壓でも再三繰返せば損傷は擴大進展して續流繼續時間は漸次延長 し遂にはそれ自身で消滅し得ない範圍にまで進む。是等の實驗からこの檢出法の適用範圍 が狭いこと、月印加波高値は後述の本檢出法のそれと比較して高く、若し雷壓の調整を課 れば供試物を破壞する恐れは多分に存在する。

[C] 上記の範圍を超過して波高値を高め,或は損傷が甚だしく進展してゐる場合は渡 流を自ら消滅し得る能力を失い、そのため遮斷器の助けを待つて遮斷するが、其間損傷は



Fig. 1. Impuls voltage wave by layer short.



擴大進展し試驗のために劣化が速 進し破壞する危險が多分にあるか ら實施には再檢討を要する。斯く の如くこの檢出法では電壓の調整 及び適正値を見出すことはその範 圍狭少なため甚だ困難であり,且 整流管を必要とするから電力用變 壓器には適用し得ない。亦層間短 絡してゐることが假りに判つても

發生個所を探知するため, 卷線を區分して逐次追求するか, 一部解體しなければ適格に發 生個所は判らない。故にこれ等の吟味から實施容易な供試物に損傷をあたえる憂の少い, 且發生個所の位置をも併せ檢出し得る方法を見出す必要が感ぜられた。

#### III. 本檢出法の原理及び規準波

變壓器が雷動搖電壓の様な衝撃波の來襲に依つて生する損傷の多くは線輪間卷回間の絕 移部分であつて,其の他例へばタップリード或は卷線の途中から,直接或は間接に接地物に 向つて閃絡することがあつても,それらの檢出に就ては,後者は比較的容易であるに反し



Fig. 5. The connection, transformer under impulse test.

前者は困難を伴ふ。變壓器試驗時の 結線第5圖に於て卷線の途中から接 地點に向つて閃絡すると衝擊電壓發 生器の負荷インピーダンスが急減し それが Ro端子に波及して急落した 電壓波形の記錄が得られる。然るに 層短絡の如き總卷囘數の少數%の短 絡は放電抵抗を含む總インピーダン スの變化は微々たるもので特に放電 抵抗器の抵抗値が低い場合オツシロ 記錄には影響しない。若し放電抵抗

を負荷變壓器インピーダンスに比較して大きく取れば有利であり,記錄要素を供試物に並 列でなく直列に入れれば更に有效である。斯る考察から供試卷線に直列に無誘導抵抗を挿 入し是を接地側におき卷線を通して接地側に流出する衝撃電流を捕へ,記錄感度に相應す る電壓波形として陰極線オツシロ偏位板に導くが有效と考えるに至つた。今卷線を柱上變 壓器のそれの如く一様に卷かれたものとし衝撃波が卷線端子に到着すると,卷線間靜電容 量に對應する尖頭波形の充電々流が瞬時に流れ記錄される。波頭の内部侵入につれその峻 度は漸次緩和されるが,波頭到達地點から接地端までの等價卷線間靜電容量は增大するか ら充電々流は逐次追加し電流波形は上昇する曲線となる。斯くして波頭が接地端子に到着 すれば電流波形は最高値を取る。變壓器卷線は衆知の如く分布 LC に依る傳播現象と磁氣 的同時現象が並存する。波頭の內部侵入に依り入來端局所卷線には侵入波の波高値をその 點の波動インピーダンスで除した電流が流れ,このため局所アンベアー回数に依る共通磁 東が同時に成生する。今電力用變壓器の例を取つて其の卷線延長は約 10 粁とし,波形傳 播速度を光速の半分として波頭の接地端に到達する時間は 60 マイクロ秒となる。これは 50 サイクルの時間的變化率 5 ミリ秒と比べて其の比は 80 倍となるから,磁気的同時現 象に依る電壓はかなりのものとなる。記錄された電流波形の最高點は波頭の接地端に到達 したことを意味すると共に磁束の最高點に相當することを意味する,低壓卷線を短絡する

と、磁束は生成しないから檢出規準波 は一層上昇する傾向を取る。 第 6 圖 の結線で柱上變壓器の高壓側卷線を供 試物としたときの規準波は第 7 圖であ る。このとき低壓卷線は有害な異常電 壓を防止するため一般に接地短絡して 試驗する。第 7 圖 A點は初充電々流 で波頭の卷線端子に到達した瞬時を示 し B 點は接地端子に到達した瞬時を あるからAよりBまでは傳播速度一様 として卷線延長各點に波頭到達瞬時を 示す。以上は柱上變壓器の例であるか, 電力用變壓器であれば內鐵外鐵の差, 線輪の構造, 配列の差異に依り一般に 第 7 圖とは異つた規準波となる。

(イ) 單相屋外自冷式 容量 1000
 kVA 外鐵型 66 kV, 3300 V
 上記變壓器は第8圖の如く高低壓線
 輪群からなり檢出規準波は第9圖である。高壓卷線等價回路は第10圖である。C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> を線輪間靜電容量とせば第



9 圖(a) は波形の卷線端到達に際し C<sub>1</sub> を通じ て初充電を意味する隆起であり(b) は波頭の第 一番目線輪の終端に達し C<sub>2</sub> を通じての充電を,亦 C<sub>4</sub> を通じての接地點への充電を意味す る落込み を示す。(c) に於ては第二枚目の線輪を通過し 第三枚目の線輪の始端に達して C<sub>1</sub> を通じての再 充 電 を意味する。(d) は第三枚目の終端で C<sub>2</sub> を通じての再充電を示す。第 10 圖の線輪配置圖

(23)





Fig. 9. Base wave form of shell type transformer.





Fig. 11. Connection diagram of 89 kV winding (each tap 4.5 %).



Fig. 12. Base wave form of core type transformer having taps.



Fig. 13. One phase winding of 3 phase core type transformer.



Fig. 14. Base wave form of 3 phase core type transformer.

から線輪2枚毎に同一狀態を繰返すから 即ち周期性があるから第一群線輪6枚に 對應する三周期の變化と第二群三周期の 變化に區別される。(e)は第一群第二 群との連絡線が低壓卷線をまたいだため C<sub>5</sub>に依つて接地へ電流を分流した落込 に相當する。

(口) 單相屋外自冷式 容量 6000 kVA

内鐵型 三卷線 89-60-30 kV 高壓卷線は第 11 圖の如くタップ ① と ⑥ を結び他卷線は總て短 絡接地した。規準波は第 12 圖と なる。內鐵型は多數の線輪がコイ ルスタツクを形成してゐるから小 刻みの脈動を伴ひ初充電々流と遊 びタップ間の靜電容量に依る影響 が强く表示されてゐる, それ故に タップを前後する線輪の位置を判 別するには好都合である。

(ハ) 三相屋外自冷式變壓器

150 kVA 內鐵型, 11 kV-200 V 第 13 圖の如く高壓線輪は一相に付六個 より成り各線輪は細線多數卷で規準波は 第 14 圖で示される。(A) は遮蔽環での 充電々流を (c) 點の落込みは點 c の大地 靜電容量に依り D は線輪間電容量に依 り H に至るまで六個の線輪に對 應する 變化を伴つてゐる。

變壓器卷線の一局部が第 15 圖の如く層短絡す ると卷線局所の LC に依つて局部振動が生じ並列 蓄電器 C。を通じ瞬時に記録される。若し層短絡 は其の地點に波頭到達の際生じるものとせば,記 錄中の異常變歪の位置は即ち短絡個所の位置を示 す。變壓器が小局部短絡した時は高周波振動を伴 つた基線から稍、隆起した變歪となる。(第16圖 參照)。 研究室で模型實驗するとき便宜上卷線間 に狭少間隊を入れ短絡等價試驗をやることがある

### IV. 柱上變壓器に依る絕緣損傷檢出



to local short circuit of transformer winding.

(24)

が、これは現實と甚だしく相違を來す。絶縁物の劣化に依る短絡は絕緣物の表面匍匐閃絡 に類似するから斯様にするか或は短絡した小線輪を使用して實物短絡を行わしめるか他に 方法が無い。亦實驗の都度劣化が進展するから波形の變歪と實物とを對照し吟味する必要 がある。次に完全な短絡で無く一部の損傷例えばワニス皮膜が劣化し或いは損傷し線輪間 の油の補充或いは中間絕緣物なる絕緣リングが存在し未だ殘留絕緣耐力がある場合第16

圖に類似した少量の落込みとなるが第 17 圖 は對地絕緣物の一部の耐力低下に依る大地充 電々流が側路分流したことを意味する。猶こ の模擬試驗は第18圖の結線で行える。第18 圖はネオン管と微少靜電容量を直列にしネオ ン管の點火を以て局部破壞に擬してゐる。次 に多數卷回間の短絡或いは卷線中途から接地 點への閃絡は變歪が擴大し第 19 圖は多數卷 回間の短絡で急上昇する波形となる。接地物 への閃絡は第 20 圖 AB で A は低壓卷線へ の閃絡 B は 接地金具への閃絡に相應し閃絡 物が供試卷線の接地側に結ばれてゐるか單獨 接地してゐるかに從つて急上昇或いは急 降下となる。一般に低壓卷線は供試卷線 と同一接地に結ぶことが出來るが、鐵心 ・ 外函等金具類は既に接地してあるから單 獨接地となる。

#### V. 檢出電壓值

絶縁劣化或いは損傷を検出する際一定 波高値の電壓が必要で標準波形を使用す
れば種々の資料があるので好都合であ



Fig. 20. (A) Flash over toward to low tension winding.



Fig. 18. Equivalent circuit of local breakdown of transformer insulation.



Fig. 19. Short circuit wave form of many number of turns.



Fig. 20. (B) Flash over toward to grounding metal fittings.

る。印加する波高値が過大であれば、その電壓で新しく劣化する憂があり、低きに過ぎれば 検出が不充分で故障を見逃す憂がある。前者即ち實驗のために故障が擴大する憂あれば電 壓印加の都度オツシログラフを撮れば故障の進展に依り波形の變歪が變るから、印加電壓 の上昇下降の實驗行程に於て變歪が一致すれば、この試驗で劣化したもので無いことが判

(25)

る。亦これに依つて適正な檢出電壓値が見出される。檢出電壓適正値に關し今單相內鐵型 12,000 kVA, 60 kV 級の變壓器を例に取つて一端子接地他端子から標準衝撃波印加する場 合を考えて,線輪間電壓をオツシロ記錄に撮れば端子に近い線輪間には約 30~20% の尖頭 波高値の振動波形であることが判る。亦卷線間即ち段間絕緣にかかる電壓値は上記から算 定して 1.5~1.0% 位である。變壓器の線輪間卷回間絕緣は線路電壓に依つて定められる 衝撃電壓レベルに依つて强加されている。從つて線路電壓に依つて是等の絕緣强度が相違 するわけで あるが,然し他の 制限があつて 餘り期待し得る程度に 强加し得ない實狀であ る。從つて是等絕緣耐力に餘り差が無くむしろ構造に依つて同一程度の電壓を分擔させた 方が得策とする。今線輪間絕緣及び卷回間絕緣に付,現在の絕緣技術で最强に强加された もので衝撃波で最小破壞電壓値はそれぞれ 220 kVA 及び 85 kV 程度である。普通程度 の强加でそれぞれ 170 kV 及び 60 kV 程度である。 是等の數値は製品として製作された 直後のものであるが,これが,使用すれば經歷に依り劣化する。劣化の程度は大體新品の 70~30% 位まで低下するものと考えられ 線輪間絕緣で普通程度に劣化したものを例に取 って次の如く表わされる。

Insulation strangth between coils (new trans).	Insulation strength due deterioration (30 $\%$ ).	Insulation strength of deteriorated trans.	
220 kV	66 k V 🔍	264 k V	
170 kV	51 kV	204 k V	

Table 1. Insulation strength of transformer.

第1 表では變壓器の絶縁强度は印加衝撃波の 25% が 線輪間に加わるものとして計算 されてゐる。上表から安全のため最低を取り線輪間にかかる電壓が 51 kV 以下になる様 な變壓器印加電壓即ち 204 kV 以下の電壓であれば安全であり,劣化した變壓器の絶線强 度と考えられる。 この數値は變壓器の全波試驗電壓値の約 60% に相當するが,多少試 驗囘數を考え先す全波試驗電壓値の 40% であれば安全であり,現在使用に耐えてゐる變 壓器は充分これに耐え得るものと考へられる。次に卷囘間絶緣に就いても同様にして劣化 の程度を假に 10% と見て卷囘間にかかる電壓は變壓器端子電壓の 1.5% と見れば 次表 の如き結果を得る。

Table 2. Insulation strength of transformer.

Insulation strength bet. turns (new trans).	Insulation strength due to deterioration (10%).	Insulation strength of deteriorated trans.
85 k V	8.5 k V	560 k V
60 k V	6.0 kV	400 kV

上表の如く(第2表)最低と雖も400kV となつて卷回間絕緣は線輪間絕緣に比較し て相當餘裕を持つてゐることが判る。然し一度絕緣破壞すると其の後の所謂殘留絕緣耐力 は線輪間のそれに比較して著しく低下するが通例である。それは線輪間絕緣は導體を包む 絕緣皮膜が破壞しても油層及び絕緣リングで持つてゐるから未だ相當な殘留値を保つてゐ るが,卷回間のそれは斯樣な期待をすることが出來ない。今假に斯樣に絕緣破壞した變壓 器の線輪間絕緣耐力は單に劣化したものの15%程度に假定すれば,絕緣破壞した變壓器 を更にその點で閃絡させるためには全波試驗値の9% 位の電壓で充分と云うこととなる。 亦卷同間絕緣に付てもこれが破壞すれば健全な場合の 2% 前後と見積れば,變壓器全波 試驗電壓値の 9.3% 程度に低下してゐることとなる。 現在電力の授受に使用してゐる變 壓器に實際に本檢出法を適用して現在まで繼續して來た經驗に依ると,變壓器の全波試驗 電壓値の約 10% 內外の電壓で充分に絕緣損傷を檢出し得たのである。故にこの檢出法を 使用すれば全波試驗電壓値の一割內外で充分であるが,更に試驗値の4割程度まであげて も先ず心配ないものと考へられるから,この檢出法での電壓調整範圍は廣く從つて實施に 際して電壓の調整を誤つて失敗する恐れは先ず無いと考えられる。本研究は日本發送電會 社の援助に依り研究室內の實驗及び現場試驗に種々便宜をあたえられたことに對し深謝す る。

# 細管部を有する U 字管液柱の振動 (マノメーター制振の研究)

昭和 23 年 (1948), 2 月 20 日受理 鬼 頭 史 城\*

Fumiki Kito: Oscillation of Fluid Column in a U-tube Manometer having a Narrow Passege in It. When using U-tube Manometers in hydraulic experiments, it is usual practice to throttle the rubber tube that leads the pressure head to Manometer, and thus damp out the oscillation of manometer column. But this is done usually by the free choice of experimenters. We thought it better to determine the size of the throttled part on some reasoning, and the following calculations were made. Thus the most suitable dimensions of the throttled part could be determined theoretically.

### I. 緒 言

第1 圖又は第4 圖に示す如きマノメーター管路があるとし、之を用いて水力實驗を行 うに當り、マノメーター液柱の振動を出來るだけ除去して計測の便宜を計る一つの方法と して、管路の中に細管部を設ける事は管路を絞る等の方法により古くから既に行われてい るのであるが細管部の直徑、長さ等の必要にして且つ充分なる具體的の寸法を求めたもの は見當らない様である。本報告に於ては此點を明瞭ならしむべく若干の計算を行つたもの である。問題の性質上計算は概載を求める程度に於て行つてある。

著者は本報告の要旨を機械學會雜誌(昭和 18 年, 1943, 9 月)に於ける「水流計測に 闘する二三の注意」と題する報文中にのべておいたが,餘りにも摘要にすぎていた。然る にその後この種の解を詳しく報告することの必要さを認めたので,こゝに改めて詳細の報 文を起草した次第である。

\* 應義塾大學教授, 工博; Dr. Eng. Prof. of Keiogijuku University.